

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 2月25日  
February 25, 2003

出願番号  
Application Number: 特願2003-047701  
[ST. 10/C]: [JP 2003-047701]

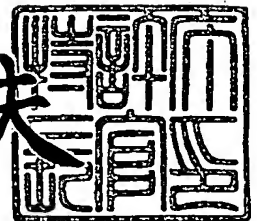
願人  
Applicant(s): シャープ株式会社  
Sharp Kabushiki Kaisha

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

2003年11月12日  
November 12, 2003

今井康夫

Yasuo Imai





日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    2 月 2 5 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 4 7 7 0 1  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 4 7 7 0 1 ]

出      願      人                      シャープ株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 3 5 3 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 1030071

【提出日】 平成15年 2月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/28  
H01L 33/00  
H01L 29/43

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 寺口 信明

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064746

【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100085132

【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100083703

【弁理士】

【氏名又は名称】 仲村 義平



## 【選任した代理人】

【識別番号】 100096781

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀井 豊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100098316

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 久登

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109162

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 將行

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208500

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極とその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 窒化物系 III-V 族化合物半導体層と電極金属との間に金属酸化物が挿入されていることを特徴とする窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極。

【請求項 2】 前記金属酸化物が、窒化物半導体を形成することが可能な金属元素の酸化物であることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極。

【請求項 3】 前記金属酸化物が、バンドギャップ 3.0 eV 以下の半導体であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極。

【請求項 4】 前記金属酸化物の金属が、インジウム (In)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、プラセオジウム (Pr)、ネオジウム (Nd)、プロメシウム (Pm)、サマリウム (Sm)、ユーロピウム (Eu)、ガドリニウム (Gd)、テルビウム (Tb)、ディスプロシウム (Dy)、ホルミウム (Ho)、エルビウム (Er)、ツリウム (Tm)、イットレビウム (Yb)、ルテシウム (Lu) のうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極。

【請求項 5】 前記窒化物系 III-V 族化合物半導体層と前記電極金属の間に酸素欠損状態で金属酸化物を挿入することを特徴とする窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極の製造方法。

【請求項 6】 前記金属酸化物を挿入する方法が、スパッタ法あるいは蒸着法であることを特徴とする請求項 5 記載の窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、接触抵抗の小さいオーミック電極を形成するための窒化物系 III

—V族化合物半導体用電極に関する。

【0002】

【従来の技術】

窒化物系ⅢⅢⅢ—V族化合物半導体は高い熱安定性を有し、組成を変化させることによってバンドギャップ幅を制御することができるため、発光素子や高温デバイスをはじめ、種々の半導体デバイスへの利用が可能である。

【0003】

従来の窒化物系ⅢⅢⅢ—V族化合物半導体用電極においては、窒化物系ⅢⅢⅢ—V族化合物半導体に低接触抵抗のオーミック特性を付与するための積層構造を設けることが広く行なわれている。このうち、窒化物系ⅢⅢⅢ—V族化合物半導体として、n型不純物をドーピングした窒素ガリウム系化合物あるいはノンドープのGa<sub>2</sub>Nを用い、TiとAlの積層構造を組み合わせた電極が、 $1 \times 10^{-7} \Omega \text{ cm}^2 \sim 1 \times 10^{-6} \Omega \text{ cm}^2$ という低接触抵抗を有し、良好なオーミック特性を得られたことが報告されている（特許文献1参照）。

【0004】

しかしながら、前記で窒化物系ⅢⅢⅢ—V族化合物半導体としてAlGa<sub>2</sub>Nを用い、TiとAlの積層構造を組み合わせた場合の接触抵抗は、該半導体の3価金属中のAl含有率（以下Al組成率という）の増大と共に高くなる。高Al組成率のAlGa<sub>2</sub>Nを用いた場合には、AlGa<sub>2</sub>N自体のバンドギャップが大きくなって金属に対する電位障壁が高くなるためである。Al組成率が22%の場合に接触抵抗が $2.1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}^2$ となるという報告もされており、良好なオーミック特性を得ることは到底できない（非特許文献1参照）。

【0005】

【特許文献1】

特開平5-291621号公報

【0006】

【非特許文献1】

Appl. Phys. Lett. vol. 73 (1998) 2582

【0007】

**【発明が解決しようとする課題】**

本発明は前記の問題を解決し、用いる窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体の組成の制約を受けずに良好なオーミック特性を有する窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体用電極を提供することを目的とする。特に、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体として、高Al組成率のAlGaNを用いた場合とGaNを用いた場合との比較において、AlGaNを用いることによっても接触抵抗の著しい上昇が見られず、 $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ 以下の良好なオーミック特性を有する窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体用電極を提供することを目的とする。

**【0008】****【課題を解決するための手段】**

本発明は、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体層と電極金属の間に金属酸化物が挿入されていることを特徴とする窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体用電極とその製造方法に関する。また、該金属酸化物が、窒化物半導体を形成することが可能な金属元素の酸化物であることを特徴とする窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体用電極とその製造方法に関する。

**【0009】****【発明の実施の形態】**

本発明の電極は、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体層と電極金属との間に金属酸化物を挿入することを特徴とする。特に、該金属酸化物がバンドギャップ3.0 eV以下である金属酸化物、または窒化物半導体を形成することが可能な金属元素の酸化物であることを特徴とする。さらに前記電極は、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体層と電極金属との間に酸素欠損状態で金属酸化物を挿入することを特徴とする。

**【0010】****<電極の構造>**

本発明の電極の一般的な構造を図にしたがって説明する。

**【0011】**

図1は本発明の電極の構成を示す断面図である。基板1の上に配置された本発明の電極Eは、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物半導体層2、金属酸化物3、および

電極金属 4 を含む。

【0012】

<金属酸化物>

本発明の電極に用いる金属酸化物は、バンドギャップが 3.0 eV 以下、好ましくは 2.0 eV 以下の半導体であることが好ましい。金属酸化物のバンドギャップが 3.0 eV よりも大きいと金属酸化物自身が電位障壁となり、低接触抵抗の電極を得ることができない。

【0013】

前記金属酸化物の金属としては、インジウム (In)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、プラセオジウム (Pr)、ネオジウム (Nd)、プロメシウム (Pm)、サマリウム (Sm)、ユーロピウム (Eu)、ガドリニウム (Gd)、テルビウム (Tb)、ディスプロシウム (Dy)、ホルミウム (Ho)、エルビウム (Er)、ツリウム (Tm)、イットレビウム (Yb)、ルテシウム (Lu) のうちの少なくとも一つを含む金属が挙げられる。上記の金属は、窒化物系 III-V 族化合物半導体を形成することが可能であり、GaN よりも小さいバンドギャップを有する窒化物系 III-V 族化合物半導体を形成する可能性を有している。

【0014】

前記金属酸化物は、窒化物系 III-V 族化合物半導体層と電極金属の間に 1 ~ 50 nm の厚さで挿入することが好ましい。厚さが 1 nm より小さいと、電極金属と窒化物系 III-V 族化合物半導体層との間に十分な中間層を形成することができず、接触抵抗を十分に低減させることができない。また厚さが 50 nm より大きいと、窒化物系 III-V 族化合物半導体と反応していない部分が残存するため、接触抵抗を十分に低減させることができない。

【0015】

<窒化物系 III-V 族化合物半導体層>

本発明の電極は、窒化物系 III-V 族化合物半導体として、たとえば GaN、AlGaN、AlInN、AlGaInN、BaAlGaN、BaAlGaInN 等を用いることができるが、特に AlGaN を用いた場合には、金属酸化物を挿



入することによって接触抵抗の著しい低減が可能である。

#### 【0016】

##### <電極金属>

本発明の電極は、電極金属としてTi、Hf、Alの他、Ni、Pd、W、Au、Pt等を用いることができる。2種以上の金属を用いる場合には、積層構造としても、あるいは合金として用いてもよい。また、2種以上の金属を積層構造とした後にアニールを行なって金属同士を合金化する方法等も好ましく用いることができる。

#### 【0017】

##### <金属酸化物の作用>

本発明の電極における、接触抵抗に対する金属酸化物の作用について以下に説明する。

#### 【0018】

図2は、n型窒化物系半導体層と電極金属において電極金属のフェルミ準位の方が低い場合の、n型窒化物系半導体層と電極金属のエネルギー関係を示す図である。上記の場合、窒化物系半導体層と電極金属の界面付近には電位障壁が形成される(図2(a))。半導体がAlGaNの場合、上記電位障壁が特に高く、流れ得るトンネル電流は僅かである(図2(b))。しかし、金属酸化物を半導体層と電極金属の間に存在させると、以下の2つの効果によりトンネル電流を増大させ、電極の接触抵抗を著しく低減できる。

#### 【0019】

第一に、金属酸化物に含まれる酸素は窒化物系III-V族化合物半導体に対してドナーとして寄与し、浅いドナー準位を形成するため、窒化物系III-V族化合物半導体層と金属酸化物との界面近傍に高キャリア濃度のn型導電層が形成される。したがって金属酸化物と窒化物系III-V族化合物半導体層の間のトンネル電流が増大する(図2(c))。

#### 【0020】

第二に、金属酸化物に含まれる金属は窒化物系III-V族化合物半導体の窒素と反応し、金属酸化物と窒化物系III-V族化合物半導体層との界面近傍に

において、バンドギャップの小さい新たな窒化物系 III-V 族化合物を形成する。このとき電極金属と前記半導体層の間の電位障壁高さは連続的に変化するため、実効的な障壁高さとしては低くなり、トンネル電流が著しく増大する（図 2（d））。

#### 【0021】

##### <電極の製造方法>

本発明の電極は、たとえば図 1 における基板 1 に窒化物系 III-V 族化合物半導体層 2 を成長させた上に、金属酸化物 3 を好ましくは酸素欠損状態で堆積させ、さらに電極金属 4 を堆積させる方法等で製造することができる。

#### 【0022】

本発明の電極の製造に用いることができる基板 1 の材料としては、サファイア ( $Al_2O_3$ )、炭化珪素 (SiC)、シリコン (Si) が挙げられる。また該基板上に窒化物系 III-V 族化合物半導体を成長させる方法としては、有機金属気相成長法 (MOCVD 法) あるいは分子線エピタキシー法 (MBE 法) などを用いることができる。

#### 【0023】

金属酸化物 3 は、酸素欠損状態で窒化物系 III-V 族化合物半導体層の上に堆積させることが好ましい。酸素が供給されている状態では、金属酸化物が高抵抗の半導体となり、窒化物系 III-V 族化合物半導体層と電極金属の間に絶縁層を形成するため、電極の接触抵抗が高くなる。一方酸素が欠損した状態では、金属酸化物自体が n 型半導体となり、ストイキオメトリー（化学量論比）が満足されている状態と比べて電気伝導性が大きくなり、かつ酸素と金属の結合が緩やかになるため、窒化物系 III-V 族化合物半導体中へ酸素が採り込まれ易くなる。したがって金属酸化物と窒化物系 III-V 族化合物半導体層との界面付近にキャリア濃度の高い導電層が形成され、電極の接触抵抗は低減される。

#### 【0024】

窒化物系 III-V 族化合物半導体層の上に金属酸化物を堆積させる方法としては、酸素欠損状態をより容易に形成するためにスパッタ法あるいは EB 蒸着法などの蒸着法を採用することができる。

## 【0025】

上記スパッタ法においては、導入酸素量をAr流量の20%以下にすることが望ましい。スパッタ法は反応性が高く、導入酸素量がAr流量の20%より多いと金属酸化物は高抵抗の半導体となって堆積し、窒化物系III-V族化合物半導体層と電極金属との間に絶縁層を形成するため、電極の接触抵抗を十分低くすることができない。また、蒸着法はスパッタ法と比較して反応性が低く、酸素分圧を1.5Pa以下にすることが望ましい。1.5Paより高い酸素分圧にすると、高抵抗の金属酸化物が堆積して、電極の接触抵抗を十分低くすることができない。

## 【0026】

窒化物系III-V族化合物半導体層の上に金属酸化物と電極金属を堆積させた後、窒化物半導体、金属酸化物および電極金属の合金化等の目的でアニールを行なうことができる。アニール温度は、用いる金属酸化物の構成金属によって最適な温度を選択することができ、たとえば酸化インジウムの場合は、300℃～1000℃、特に650℃付近で処理することが好ましい。

## 【0027】

## &lt;本発明の電極の利用形態&gt;

本発明の電極は、たとえば発光ダイオード、レーザダイオード等の発光デバイス、電界効果型トランジスタ(FET)などの電子デバイス等の窒化物系III-V族化合物半導体装置に用いることができる。図3および図4は本発明の電極の利用形態の一例を示す半導体の断面図であり、図3は発光ダイオードまたはレーザダイオード、図4はヘテロ構造電界効果型トランジスタである。図3に示すダイオードは、サファイア基板101の上にバッファ層102、n型GaN103を堆積させ、さらにn型AlGaNクラッド層104、活性層105、p型AlGaNクラッド層106、p型GaNコンタクト層107、p型電極108を付与した構造と、前記n型GaN103の上にn型電極109を付与した構造とを有する。ここで金属酸化物110をn型GaN103とn型電極109の間に挿入し、本発明の電極とすることができる。図4に示すヘテロ構造電界効果型トランジスタは、サファイア基板またはSiC基板21、AlNまたはGaNバッ

ファ層 22、GaN チャンネル層 23、AlGa<sub>N</sub> バリア層 24 の上に、ゲート電極 25 を付与した構造と、AlGa<sub>N</sub> バリア層 24 の上に、ソース／ドレイン電極 26 を付与した構造を有する。ここで金属酸化物 27 を AlGa<sub>N</sub> バリア層 24 とソース／ドレイン電極 26 の間に挿入し、本発明の電極とすることができる。

#### 【0028】

以下に本発明の実施例を示すが、あくまで一例であり、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

#### 【0029】

##### 【実施例】

##### （実施例 1）

図 1 の構造の電極において、MOCVD 法を用い、サファイア基板 1 上に窒化物系 III-V 族化合物半導体として Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>N（キャリア濃度  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を成長させ、金属酸化物として酸化インジウムを RF 入力 100 W、Ar 流量 30 sccm にて 5 nm の厚さでスパッタし、さらに電極金属としてチタン（Ti）を 16 nm、アルミニウム（Al）を 200 nm の厚さでそれぞれ堆積させた後、窒素雰囲気中で 650℃、30 秒間のアニールを行なった。

#### 【0030】

##### （実施例 2）

窒化物系 III-V 族化合物半導体として GaN（シリコンドープ量  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を用いた他は実施例 1 と同様の方法で電極を作製した。

#### 【0031】

##### （実施例 3）

窒化物系 III-V 族化合物半導体として Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N（シリコンドープ量  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を用いた他は実施例 1 と同様の方法で電極を作製した。

#### 【0032】

##### （実施例 4）

窒化物系 III-V 族化合物半導体として Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N（シリコンドープ量  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を用いた他は実施例 1 と同様の方法で電極を作製した。

## 【0033】

(実施例5)

窒化物系 III-V 族化合物半導体として  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  (シリコンドープ量  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) を用いた他は実施例1と同様の方法で電極を作製した。

## 【0034】

(実施例6)

窒化物系 III-V 族化合物半導体として  $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$  (シリコンドープ量  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) を用いた他は実施例1と同様の方法で電極を作製した。

## 【0035】

(実施例7)

窒化物系 III-V 族化合物半導体として  $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  (シリコンドープ量  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) を用いた他は実施例1と同様の方法で電極を作製した。

## 【0036】

(実施例8)

サファイア基板上に窒化物系 III-V 族化合物半導体として  $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$  (キャリア濃度  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) を成長させ、RF入力100W、Ar流量30 sccmにて金属酸化物として酸化インジウムを5 nmの厚さでスパッタし、さらに電極金属としてハフニウム (Hf) を5 nm、アルミニウム (Al) を100 nmの厚さで堆積させた後、窒素雰囲気中で900℃、30秒間のアニールを行なって電極を作製した。

## 【0037】

(実施例9)

金属酸化物として酸化ランタンを用いた他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

## 【0038】

(実施例10)

金属酸化物として酸化セリウムを用いた他は実施例8と同様の方法で電極を作製した

(実施例11)

金属酸化物として酸化プラセオジウムを用い、アニール温度を800℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0039】

(実施例12)

金属酸化物として酸化ネオジウムを用い、アニール温度を750℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0040】

(実施例13)

金属酸化物として酸化プロメシウムを用い、アニール温度を650℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0041】

(実施例14)

金属酸化物として酸化サマリウムを用い、アニール温度を550℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0042】

(実施例15)

金属酸化物として酸化ユーロピウムを用い、アニール温度を500℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0043】

(実施例16)

金属酸化物として酸化ガドリニウムを用い、アニール温度を800℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0044】

(実施例17)

金属酸化物として酸化テルビウムを用い、アニール温度を800℃とした他は実施例8と同様の方法で電極を作製した。

【0045】

(実施例18)

金属酸化物として酸化ディスプロシウムを用い、アニール温度を600℃とし

た他は実施例 8 と同様の方法で電極を作製した。

【0046】

(実施例 19)

金属酸化物として酸化ホルミウムを用い、アニール温度を 650℃とした他は実施例 8 と同様の方法で電極を作製した。

【0047】

(実施例 20)

金属酸化物として酸化エルビウムを用い、アニール温度を 700℃とした他は実施例 8 と同様の方法で電極を作製した。

【0048】

(実施例 21)

金属酸化物として酸化ツリウムを用い、アニール温度を 500℃とした他は実施例 8 と同様の方法で電極を作製した。

【0049】

(実施例 22)

金属酸化物として酸化イッテレビウムを用い、アニール温度を 450℃とした他は実施例 8 と同様の方法で電極を作製した。

【0050】

(実施例 23)

金属酸化物として酸化ルテシウムを用いた他は実施例 8 と同様の方法で電極を作製した。

【0051】

(比較例 1)

酸化インジウムを堆積させない他は実施例 1 と同様の方法で電極を作製した。

【0052】

(比較例 2)

酸化インジウムのスパッタ条件を、RF 入力 100W、Ar 流量 30 sccm、酸素流量 10 sccm とした他は実施例 1 と同様の方法で電極を作製した。

【0053】

### ＜電極の接触抵抗の測定＞

上記の実施例および比較例で得られた電極の接触抵抗は、公知の伝送線路モデル (TLM) 法によって測定した。なお、TLM法に関しては、「超高速化合物半導体デバイス」(大森正道編 培風館) の200～202頁に記載がある。

実施例1、8～23、および比較例1、2で得られた接触抵抗の値を表1に示す。

実施例2～7で得られた接触抵抗の値については、図5に示す。

【0054】

【表1】

	接触抵抗 ( $\Omega \text{ cm}^2$ )
実施例1	$8.0 \times 10^{-6}$
実施例8	$8.0 \times 10^{-6}$
実施例9	$5.3 \times 10^{-5}$
実施例10	$5.5 \times 10^{-5}$
実施例11	$3.6 \times 10^{-5}$
実施例12	$3.3 \times 10^{-5}$
実施例13	$4.3 \times 10^{-5}$
実施例14	$2.5 \times 10^{-5}$
実施例15	$2.2 \times 10^{-5}$
実施例16	$3.3 \times 10^{-5}$
実施例17	$3.6 \times 10^{-5}$
実施例18	$3.0 \times 10^{-5}$
実施例19	$3.8 \times 10^{-5}$
実施例20	$3.5 \times 10^{-5}$
実施例21	$3.1 \times 10^{-5}$
実施例22	$1.2 \times 10^{-5}$
実施例23	$3.5 \times 10^{-5}$
比較例1	$2.0 \times 10^{-3}$
比較例2	$2.0 \times 10^{-2}$

【0055】

### ＜金属酸化物の有無による接触抵抗の比較＞

比較例1で酸化インジウムを堆積させていない電極の接触抵抗は  $2.0 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}^2$  であるのに対し、実施例1で酸化インジウムを堆積させた電極の接触抵抗は  $8.0 \times 10^{-6} \Omega \text{ cm}^2$  である。したがって、窒化物系 III-V 族化合物半導体層と電極金属の間に金属酸化物を挿入したことによる接触抵抗の著しい



低減が認められる。

#### 【0056】

＜半導体層の Al / Ga 比率を変えた場合の接触抵抗への影響＞

図5は、本発明の実施例2～7について説明する図であり、Al組成率の異なる窒化物系 III-V 族化合物半導体を用いた実施例2～7の接触抵抗値を、前記非特許文献1で報告されている値と比較した図である。非特許文献1の接触抵抗値を白円、実施例2～7の接触抵抗値を黒円でプロットしている。なお非特許文献1の値は Al 0.22 Ga 0.78 N を用いた場合のもので  $2.1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}^2$  である。図5から明らかなように、Al 0.5 Ga 0.5 N を用いた実施例7でも非特許文献1の値より低い接触抵抗値を確保しており、本実施例における接触抵抗の著しい低減効果が認められる。さらに、実施例2～7の接触抵抗は全て  $1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$  より低い値であり、Al組成率が50%と非常に高い場合にも、十分に低い接触抵抗を確保できることが分かる。したがって、特に高Al組成率である窒化物系 III-V 族半導体を用いた場合に、該半導体層と電極金属の間に金属酸化物を挿入することによって接触抵抗の著しい低減効果が得られることが分かる。

#### 【0057】

＜金属酸化物の種類を変えた場合の接触抵抗への影響＞

実施例9～23において、酸化インジウム以外の金属酸化物を用いた場合にも接触抵抗は全て  $1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$  より低い値となり、金属酸化物を挿入することが接触抵抗の低減に対して有効であることが分かる。

#### 【0058】

＜スパッタ条件（酸素欠損状態下と酸素導入状態下）の接触抵抗への影響＞

比較例2で金属酸化物のスパッタ時に酸素を導入した場合には接触抵抗が  $2.0 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}^2$  と高いのに対し、酸素欠損状態でスパッタを行なった実施例1では接触抵抗が  $8.0 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$  と低い。したがって、酸素欠損状態で金属酸化物を堆積させることが接触抵抗の低減に対して有効であることが分かる。

#### 【0059】

以上の結果より、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体層と電極金属の間に、特に酸素欠損状態で金属酸化物を挿入することによって、電極の接触抵抗を著しく低減できることが分かる。

#### 【0060】

##### 【発明の効果】

本発明の電極においては、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体層と電極金属との間に金属酸化物を挿入することにより、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体層と該金属酸化物との界面近傍にバンドギャップの小さい窒化物半導体が形成され、しかも上記界面近傍には、金属酸化物中の酸素がドナーとして寄与することによって高キャリア濃度の導電層が形成される。したがって、高Al組成率のAlGaNに対して用いた場合にも $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ 以下の非常に低い接触抵抗を有する電極を得られ、優れたオーミック特性を有する電極を提供することが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の電極の構成を示す断面図である。

【図2】 n型窒化物系半導体層と電極金属のエネルギー関係を示す図である。

【図3】 本発明の電極の利用形態の一例を示す半導体の断面図である。

【図4】 本発明の電極の利用形態の一例を示す半導体の断面図である。

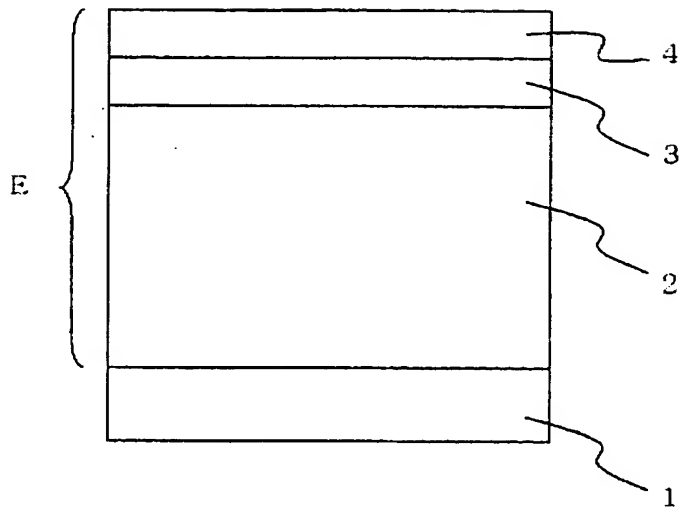
【図5】 本発明の実施例2～7について説明する図である。

##### 【符号の説明】

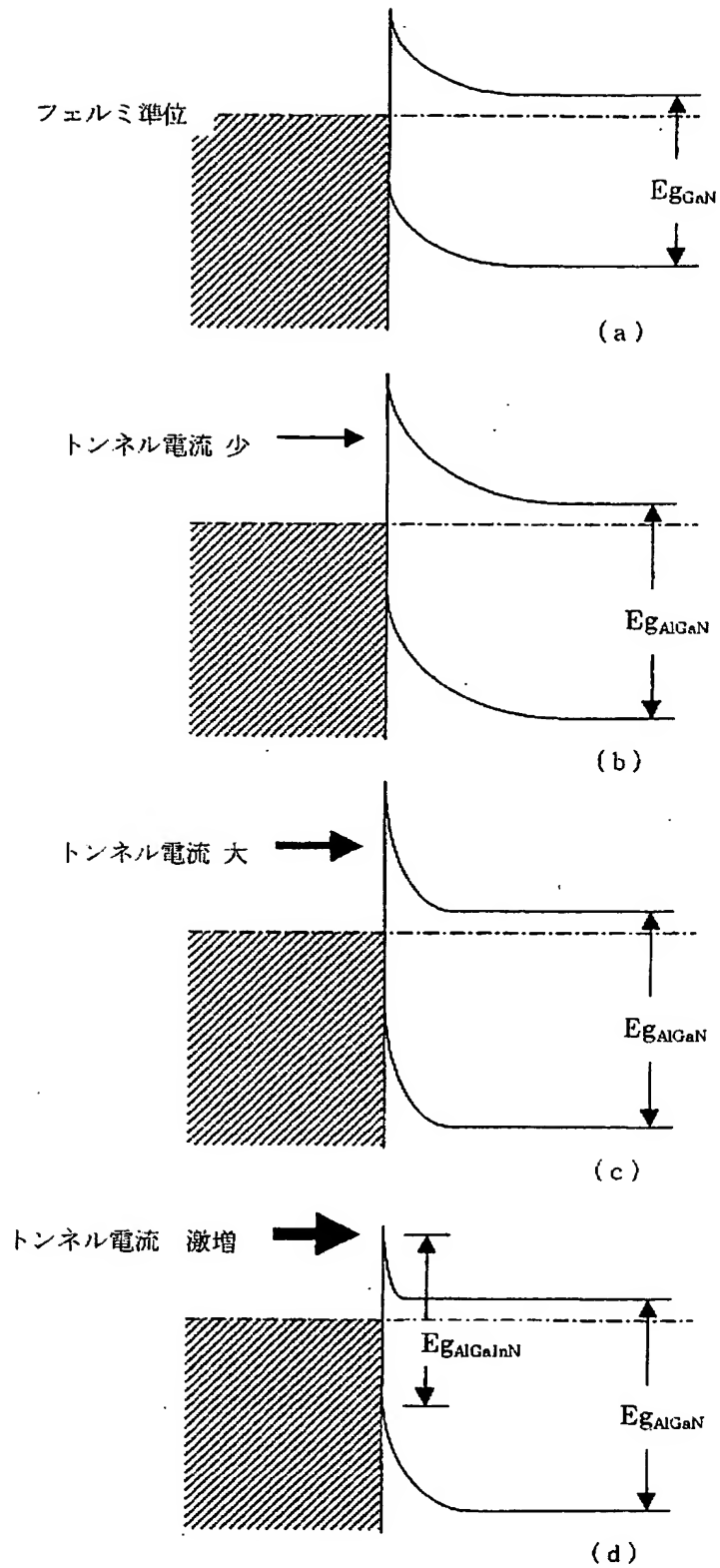
1 基板、2 窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体層、3, 110, 27 金属酸化物、4 電極金属、21 サファイア基板またはSiC基板、22 AlNまたはGaNバッファ層、23 GaNチャネル層、24 AlGaNバリア層、25 ゲート電極、26 ソース／ドレイン電極、101 サファイア基板、102 バッファ層、103 n型GaN、104 n型AlGaNクラッド層、105 活性層、106 p型AlGaNクラッド層、107 p型GaNコンタクト層、108 p型電極、109 n型電極。

【書類名】 図面

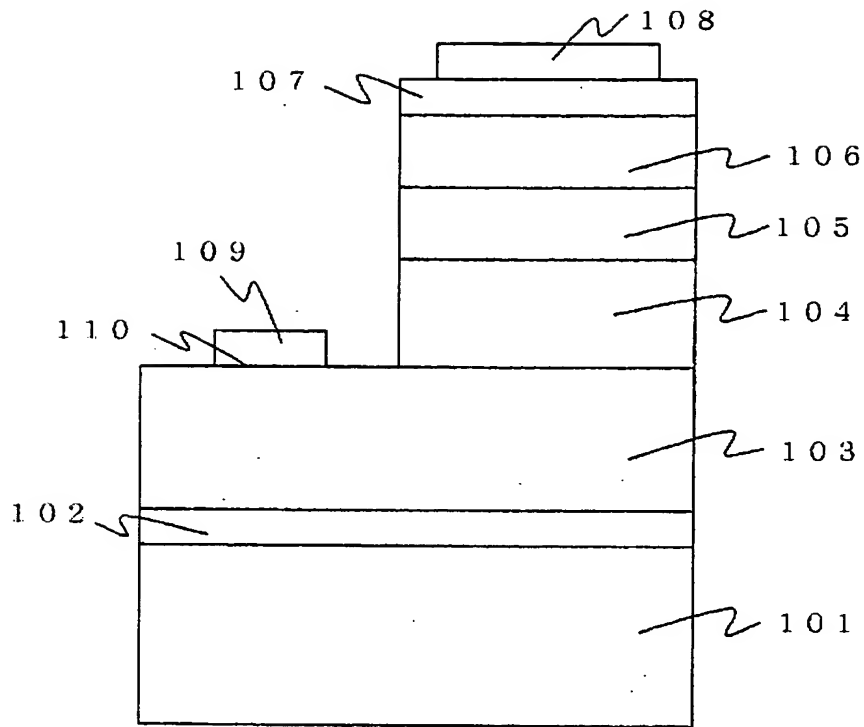
【図 1】



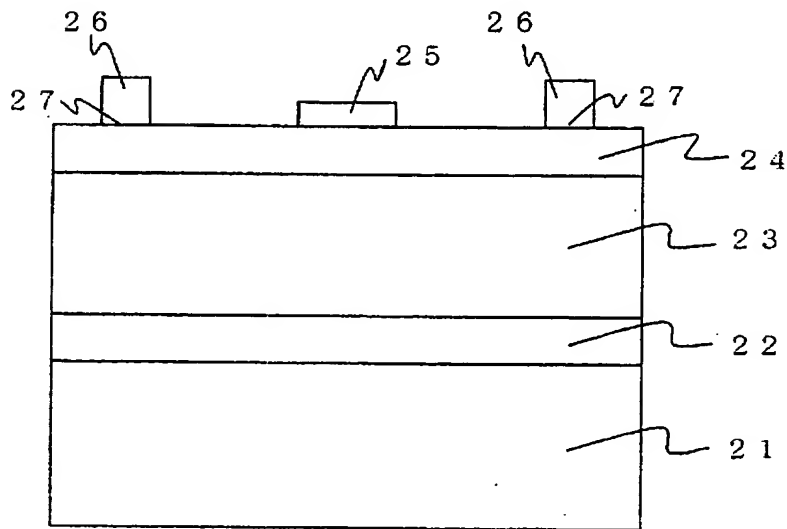
【図 2】



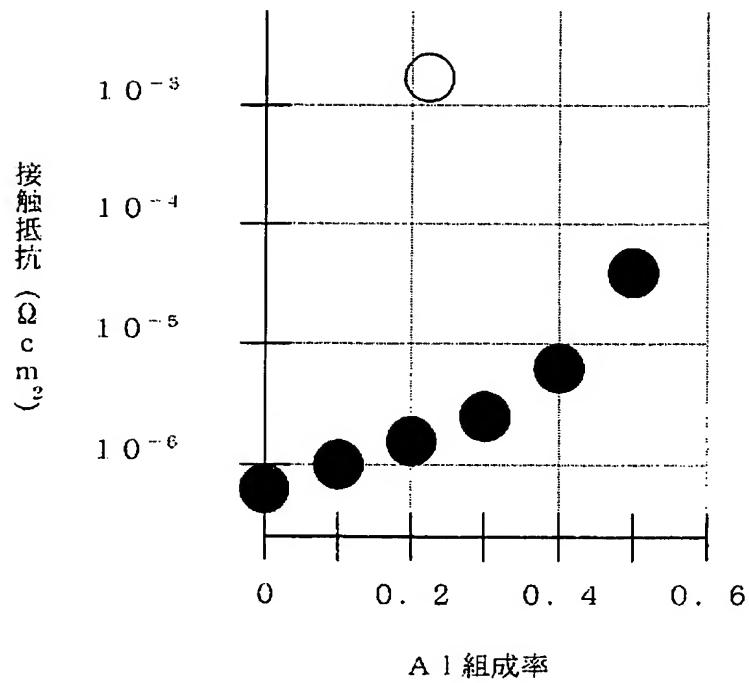
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、良好なオーミック特性を有する窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極とその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 窒化物系 III-V 族化合物半導体層と電極金属との間に金属酸化物を挿入した窒化物系 III-V 族化合物半導体用電極およびその製造方法。上記金属酸化物は、特に窒化物半導体を形成することが可能な金属元素の酸化物であることが好ましい。

【選択図】 図 1

特願 2003-047701

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏 名

シャープ株式会社